HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	2006年度電子情報工学実験III実施報告 ： 移動ロボットの製作と走行
著者	深谷，健一
引用	北海学園大学工学部研究報告，35：173-182
発行日	2008-02-00

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

2006年度電子情報工学実験Ⅲ実施報告
—移動ロボットの製作と走行—

深　谷　健　一*

Report on 2006 Electronics and Information Experiment Ⅲ : Fabrication and Run of Mobile Robot

Ken-ichi FUKAYA*

要　旨

2006年度より北海学園大学工学部電子情報工学科では電子情報工学実験Ⅲ（３年生選択科目）として移動ロボットの製作とライントレース，迷路通過および標的倒しの３種類の走行をさせるハードウェア，ソフトウェア一体のものづくりを体験する教育を実施している．実施状況と受講生の反応などを報告する．

１．まえがき

2001年に室蘭工業大学の先生がたが自律移動ロボットを作成して３種類の種目（ライントレース，スラローム，風船割り）の走行時間を競うロボット・トライアスロン競技を室蘭地区で開始した.2002年には回路基板，センサ，電子部品，モータギアセット，タイヤなどのハードウェア素材，組み立て取扱説明書およびマイコン用のC言語ミドルウェアをまとめたロボット・トライアスロン標準ロボットお助けキットを作成し，さらに札幌地区での競技会も開始した．以来，道内の工学部を有する大学などが多数参加し，毎回30台以上の移動ロボットが競っている．３種目の内容とコースを見直し，年々難易度が高くなっている．日本機械学会（機械工学振興事業資金，ロボティクス・メカトロニクス部門メカトロニクス教育研究会）および日本機械学会・計測自動制御学会・電子情報通信学会・精密工学会・情報処理学会の各北海道支部の支援を受け，協力研究室メンバーからなる運営委員会を組織して運用しており，2007年は第７回を開催している[1]（図１参照）.

北海学園大学工学部電子情報工学科でも2002年の第２回から毎年，深谷卒研生が参加しており，今まで総合優勝２回，１位３回，２位２回，３位２回，デザイン賞，ポスター賞を受賞し

* 北海学園大学工学部電子情報工学科
* Department of Electronics and Information Engineering, Faculty of Engineering,Hokkai-Gakuen University

図1 ロボット・トライアスロン

ており，ものづくりに対する良い刺激となっている．製作，走行を重ねるにつれ，ノウハウが習得され，継承されてきた．電子情報工学科の電子（ハードウェア）と情報（ソフトウェア）を両輪とする教育の趣旨にもこのロボット競技は合致することから，2006年度より電子情報工学実験Ⅲとして，本格的にカリキュラムに組み込むこととした．

電子情報工学科では２年生，３年生の実験実習として表１に示す内容のカリキュラムを実施している．３年前期までに必修科目の電子情報工学実験Ⅰ，Ⅱで回路の作成・計測，ハンダ付けを伴う回路実装を，また計算機実習Ⅰ～Ⅲでマイコンプログラミングに必要なC言語の学習を終えている．３年後期の実験Ⅲ（選択）では以上をベースとする応用実験を学習するが，その内容は実験A（移動ロボットの製作と走行）と実験B（MATLABによる測定データの信号処理・画像処理）から構成される.2006年度に初めて実施した前者の「移動ロボットの製作と走行」はハードウェアとソフトウェアが一体となる「ものづくり」を体験させることを主眼としており，初年度の実施状況を報告する．

２．移動ロボットの製作と走行

室蘭工業大学で開発したロボット・トライアスロン標準ロボットお助けキット（図２）をベースとして用いる．ロボットに搭載するマイコンは秋月電子通商のAKI-H８／3664BPタイニーマイコンキットを組み立てて用いる（図３）．製作に必要な機械加工部品は学生が工作の教

表1　電子情報工学科の実験実習カリキュラム

学期	電子情報工学実験	計算機実習
2年前期必修		Ⅰ：C言語プログラミングの基礎
2年後期必修	Ⅰ：電圧・電流・抵抗の測定，簡単な回路の作成と計測	Ⅱ：C言語プログラミングの基礎（続き）
3年前期必修	Ⅱ：アナログ・ディジタル各種回路の作成と計測，ハンダ付けを伴う回路実装	Ⅲ：C言語プログラミングの応用（アルゴリズムとデータ構造）
3年後期選択	Ⅲ：応用実験A（移動ロボット），応用実験B（信号処理）	Ⅳ：JAVAプログラミング

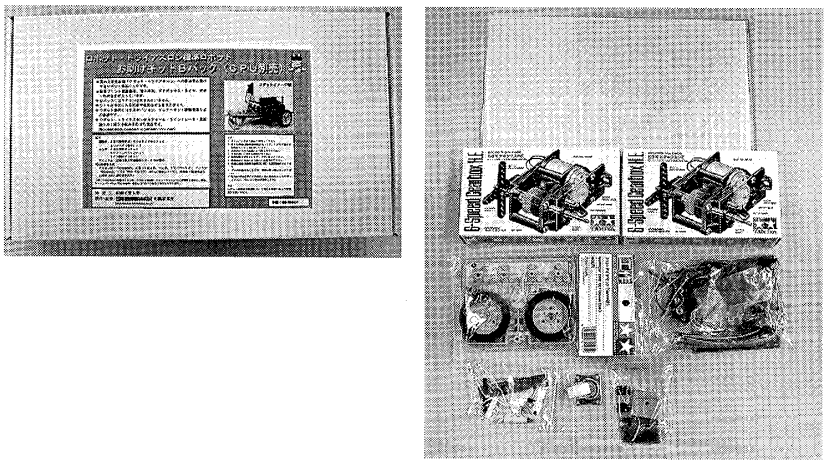


図2　ロボット・トライアスロン標準ロボットお助けキット

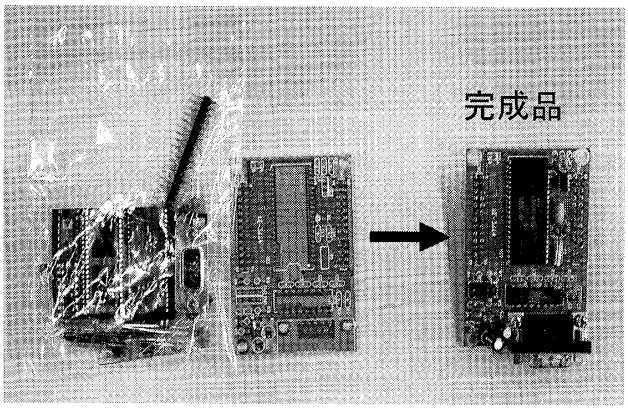


図3　AKI–H8/3664BPタイニーマイコンキット

育を受けていないことや時間的な制約から予め作成して支給することとした．室蘭工業大学機械システム工学科ではコース別設計法の課題としてロボット・トライアスロンを実施しており，ボディその他の機械部品の作成も含めおよそ200時間程度をかけている．実験Ⅲでは実験A，Bを平行して実施するので，ロボット製作走行の課題には21時間（7回×3時間／回）しか割けない．そこで，2名でチームを組み，1台を分担して製作走行させるとともに，図4に示す機械加工部品を提供した．またプログラミング環境も予め使用するパソコンに組み込んで

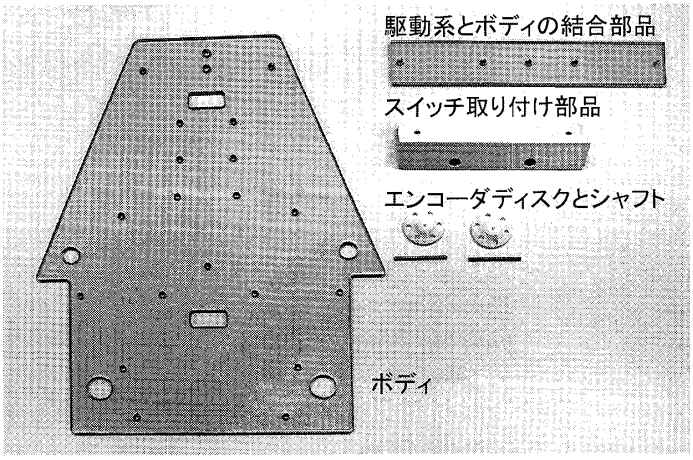
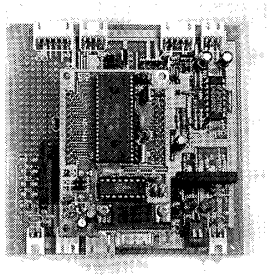


図4 提供する機械加工部品

表2 移動ロボットの製作と走行実験の内容

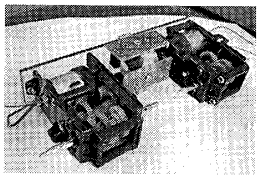
回数	題目	実施項目
第1回	部品調べ	1．ロボット・トライアスロン標準ロボットお助けキット 2．AKI－H8／3664BPタイニーマイコンキット 3．その他の提供品
第2回	回路組み立て	1．ベース基板への部品取り付け 2．エンコーダ基板への部品取り付け 3．AKI－H8／3664BPタイニーマイコンキット組み立て
第3回	ギヤボックス組み立て	1．ギヤボックス組み立て 2．ギヤボックスモジュール作成
第4回	車輪とボデー組み立て	1．車輪キット組み立て 2．ボディ組み立て 3．走行系の配線 4．火入れ
第5回	調整用プログラムの書き込みとセンサの取り付け	A．調整用プログラムの書き込み 1．開発環境チェックとCプログラム書き込み 2．車輪の回転方向とエンコーダ基板の取り付け位置の調整 B．センサの取り付け 1．センサ基板の組み立て 2．センサ基板とベース基板の間の配線 3．距離センサとベース基板の間の配線 4．ベース基板のセンサ抵抗取り付け
第6回	走行プログラム作成	1．Cプログラミング用ミドルウェアの利用法習得 2．チェックプログラム活用によるハードウェアチェック
第7回	コース走行	1．走行プログラミングとコース走行評価

利用できる体制とした．実験内容は表2に示すように，第1回は実験A，B共通のガイダンスと手引書の配布に加え，部品のチェックを実施する．第2～5回では，電子部品のハンダ付け，機械部品の組み立て，モータとセンサの配線をおこない自律型移動ロボットのハードウェ

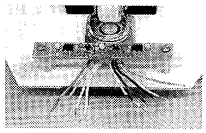


ベース基板回路組み立て

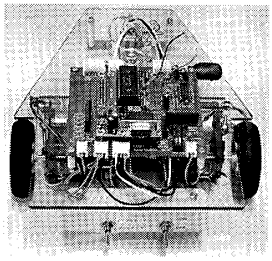
センサ基板回路組み立て



ギヤボックスモジュール



センサとベース間の配線



車輪・ボディ組み立て

図5　ハードウェア製作

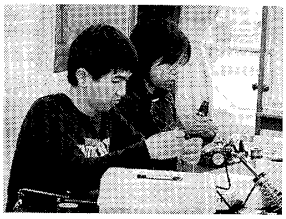


図6　製作状況

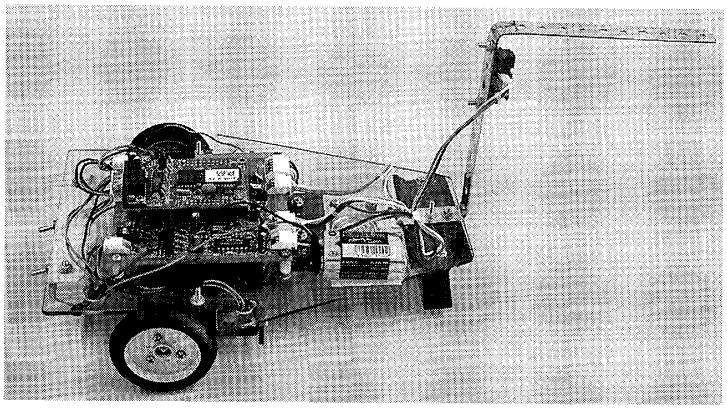


図7　完成した移動ロボット

アを製作する（図5参照）．第5，6回でC言語のプログラムを作成して搭載マイコン上で実行することでハードウェアのチャックをおこない，不具合を改良する．第7回で設定されたコース上を走行させる．図6に学生の製作状況，図7に完成した移動ロボットを示す．

組み立て後のトラブルは多岐にわたり，予め想定していなかった問題も多かった．ハードウ

ェアではハンダ不良による配線ミスとハンダの熱による半導体破損のトラブルが多かったが，主として部品交換とハンダのやりなおしで対処した．ソフトウェアではコースに合わせた走行プログラムを一通り作った後，各機体の特性に合わせたチューニングに多くの時間を割くこととなった．実験を進めていくにつれて発生するトラブルに対しては，過去の競技でのノウハウを基に試行錯誤的に手探りで解決していったが，Q&Aの形で説明資料を作り配布した．付録にその一端を示す．

すでに電子情報工学実験でブレッドボードを使った回路作成やハンダ付けを伴う回路実装の経験があり，電子部品の名称と規格の読み方や素子によっては向きに注意が必要なことも習得しており，大部分のグループは間違うことなく回路基板を組み立てられた．しかし，中にはICの向きを逆にしてハンダ付けをしてしまい，10本以上の足を外すのに苦労するグループもあり，これはブレッドボードではなかった，よい（にがい）体験になった．プログラミングは既にみっちりC言語の課題をこなしており，他大学の機械系の学科でのプログラミングの苦労に比べると，予想以上にスムーズにプログラムを作成できた．

3．評価方法

図8に示す走行コースを用いて，

①スタートからB地点までのライントレース

②B地点からC地点までの迷路走行

③C地点からゴールまでの標的倒し走行

の3種目を達成する．走行時間の制約は設けずに走らせ，人間の手を触れずに自律走行できた場合を100点とし，人間が手で補助した場合，1回につき-5点のペナルティを課す．その結果，完成したロボット20台中12台が完走できた．コース走行評価点，実験レポート，出席を加

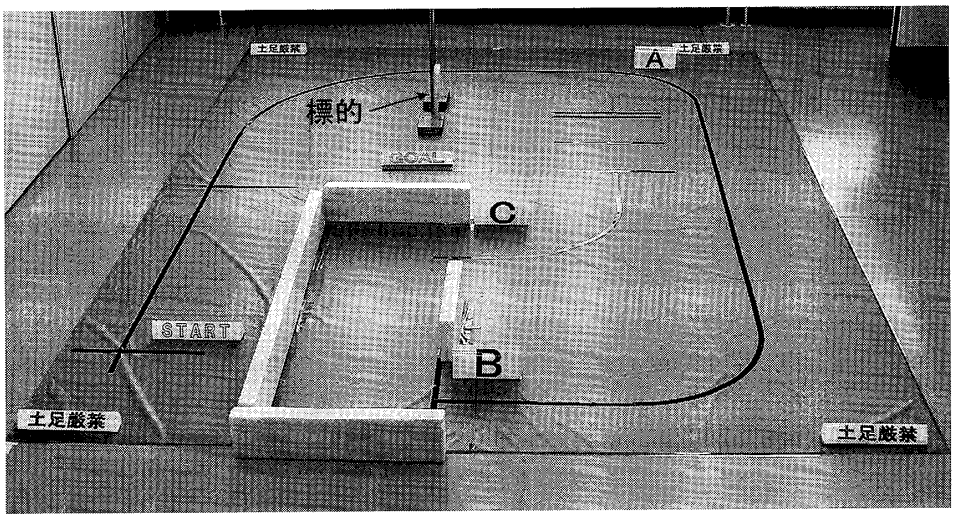


図8 走行コース

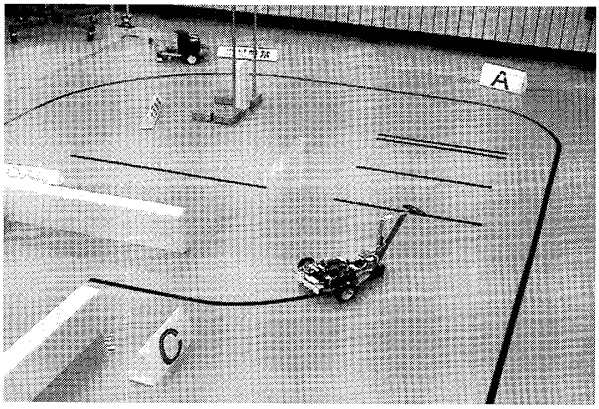


図9　コース走行状況

味して評価し，科目評価は実験Bの評価との平均とした．なお，完走ロボットを対象とする3種目達成の最短時間を競う対抗競技を別途授業時間外で実施した．図9にコース走行状況を示す．

4．授業評価アンケートとコメント

2006年度の実験Ⅲ（提出25名),3年の実験・実習4科目（実験Ⅲを含む)(提出171名）および3年の専門の科目講義の授業評価アンケートの平均評価点を表3に示す．評価点は1に近い値ほど評価が高いが，実験Ⅲは全ての項目が1～2と高評価であった．移動ロボット実験のレポートに記載されたコメントの一部を次に示す．

1）ロボットの組み立てが面白く，出来上がったときの達成感がとても心地よかった．プログラムの作成もパートナーと試行錯誤し，協力しながら進めていけたので満足感，充実感があった．

2）電子情報工学実験と計算機実習で取り扱った内容を具体的に応用して役立てることができた．

3）今までの学習が実際のものづくりでどのように応用されているのかを知ることができ貴重な経験だった．

4）実際に作ってみると予定通りには動かず大変だった．完走できなかったが楽しい実験だった．

5）単体の動作テストができる評価ボードを用意しテストできる環境がほしい．

6）不具合を改良する十分な時間がとれなかった．不具合への対策を公開してもらいたい．

7）ただ作って動かすだけではなく，どのようにロボットが動いているのかの動作原理の解説がほしい．

表3 授業評価アンケートの平均評価点
A：実験Ⅲ　B：3年の実験実習4科目　C：3年の専門科目講義

項番	項目	A	B	C
1	授業への出席について 1：80%以上出席　4：20%未満	1.00	1.01	1.16
2	毎時間，目標を持って授業に参加しましたか 1：はっきり目標をもっていた　4：全く目標を持たなかった	1.32	1.60	
3	知識や技能がどの程度身につきましたか 1：身についた　5：身につかなかった	1.56	1.88	
4	教材や配布資料などの使い方は適切でしたか 1：適切だった　5：適切でなかった	1.48	1.73	
5	教員と学生のコミュニケーションは成立していましたか 1：成立していた　5：成立していなかった	1.56	1.95	
6	授業を担当する教員の熱意について 1：感じた　5：感じなかった	1.60	1.90	2.09
7	授業の進め方の時間配分は適切でしたか 1：適切だった　5：適切でなかった	1.80	2.23	
8	授業内容に対する知的好奇心・興味について 1：持つようになった　5：持たなくなった	1.64	1.94	2.47
9	教材・施設・設備・用具についてどの程度満足していますか 1：満足している　5：満足していない	1.40	1.70	
10	総合的に判断して，この授業にどの程度満足していますか 1：満足している　5：満足していない	1.56	1.92	2.41
11	安全について適切な配慮がなされていましたか 1：なされていた　5：なされていなかった	1.48	1.48	

5．あとがき

学生は熱心に取り組み本実験に対する満足度が高かった．今後の改良点として

1）単体動作テスト環境の整備が必要である．2007年度はマイコン，センサのチェック環境を提供する．

2）トラブルのQ&Aは発生と解決ができ次第，随時資料を配布したが，2007年度は手引書に組み込み，できるだけトラブルが少なく作成できるようにする．

3）動作原理の講義も要望されたが，実験時間の中では無理なので，手引書の付録として添付し自主的に読んで理解してもらう必要がある．

学生自身で機械部品の加工ができると，一層の創意工夫が可能となり，ものづくりとしての興味がさらに増すのだが，工作機械の操作練習も必要であり，21時間の制約の中では困難である．ちなみにロボット・トライアスロン参加の卒研生は機械部品も自分たちで作っているが，工作機械の操作練習後，簡単な図面を引いて加工するのに，やはり数日の日数を要している．

室蘭工業大学で開発したキットを活用させてもらうことで，学生にハードウェア，ソフトウェア一体の「ものづくり」を楽しみながら体験させることができ，大変さが報われる思いだった．

付録

組み立て後のトラブル対処　Q&A　の例

・check，check１，check２プログラムによるトラブル診断

これらのチェックプログラムを使うとモータ単体，エンコーダ，割り込みパルスカウント，距離センサ，ライントレースセンサ，ライン検出センサ，モータのPI制御，位置・姿勢角推定システムなどのチェックができます．単純な動作から複雑な動作へと順にチェックをしてください．そして予想外の動作をするときはそこの箇所を直します．焦ってやみくもに調整するのはかえって遠回りとなります．

以下Q&A形式でトラブル対策を示します．

１．checkプログラムのスイッチ０（00）のモードでモータが動きません．

回答：

１）006Pと単３の電池の＋－の向きを間違っていませんか．

２）モータと基板をつなぐ線が切れていませんか．被覆ビニールの内部で切れていることがありますので，テスターでチェックしてください．

３）パワーMOSFETモジュール（４AM12）のハンダがついていますか．基板によく接触するように手で片側に押し付けてモータが回るなら，ハンダ付け不良です．

４）パワーMOSFETモジュール（４AM12）がハンダ付けのときにこてを当てすぎたために壊れているのかもしれません．面倒でもモジュールをはずして新しい部品をもう一度ハンダ付けしてください．

２．check１プログラムのスイッチ２（10）でライントレースセンサが働きません．

回答：

１）対応する基板の抵抗をハンダ付けしましたか．

２）LEDと受光部に被せているスミチューブが長すぎませんか．素子の表面より長く被せるとうまく検出できません．

３）LEDと受光素子が一列に同じ高さになっていますか．高さが等しくなかったり，曲がっていませんか．

３．ライントレースが不安定で走るうちに外れてしまいます．

回答：

１）走行速度を落としてみてください．

2）robot.hのKP,KIを調整するのも有効です．PID制御では積分要素が偏差を零にする効果があり，ライントレースの外れを減らすことができます．積分要素係数KIを大きな値にしてみてください．

4．いままで問題なく走っていたのに突然暴走することがあります．

回答：

モータのブラシから発生する火花が雑音となって，マイコンの動作に影響を与える場合があります．突然動かなくなったり，予想外の動きをします．そのノイズ対策としては以下があります．試してみてください．

1）MOSFETの電源端子とGNDの間に0.47μF程度の積層セラミックコンデンサを付けると効果があります．ピン番号でいうと1番ピンと10番ピンです．

2）モータの端子とモータケース（ヤスリで削って地金を出しておく）の間に0.01μF程度のセラミックコンデンサをハンダ付けして，さらにモータケースをグランドに落とすと効果的です．ここで注意してもらいたいのは，ハンダを付けるためにこてでモータを熱しすぎると，モータの永久磁石の保持力が低下しモータの性能が落ちることです．

謝辞

開発された「ロボット・トライアスロン標準ロボットお助けキット」を本学生実験で使用することをお認めいただき，取扱説明書を参照させていただいた室蘭工業大学の橋本幸男，疋田弘光，花島直彦，山下光久の諸先生に厚くお礼申し上げます．また実験実施にご協力いただいた髙井信勝教授，石田侑平さんに感謝いたします．

参考文献

1）http : //www.robot-triathlon.org/top.html

2）深谷健一：自律移動ロボットの製作と走行，2007年度精密工学会北海道支部学術会講演論文集，pp. 55－56，2007.